

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

***МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ***

до виконання лабораторних робіт

**«Польові випробування ґрунтів»**

з дисципліни

***«Наукові дослідження»***

(для студентів денної форми навчання спеціальності  
7.092101 (7.06010101) «Промислове і цивільне будівництво»)

**Харків**  
**ХНАМГ**  
**2011**

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт «Полеві випробування ґрунтів» з дисципліни «Наукові дослідження» (для студентів денної форми навчання спеціальності 7.092101 (7.06010101) «Промислове і цивільне будівництво») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: В. Г. Таранов, О. О. Набока. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 35 с.

Укладачі: В. Г. Таранов,  
О. О. Набока

Рецензент: О. Г. Рудь

Рекомендовано кафедрою механіки ґрунтів, фундаментів і інженерної геології,  
протокол № 3 від 29.10.2010 р.

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
1.Методи польового визначення характеристик деформованості ґрунтів.....	6
1.1. Випробування ґрунтів штампами.....	6
1.2. Випробування ґрунтів пресіометрами.....	11
2. Методи польового визначення характеристик міцності ґрунтів .....	16
2.1. Випробування ціліків ґрунту на зрушення .....	16
2.2. Випробування у свердловинах методом обертального зрізу ...	21
3. Випробування ґрунтів зондуванням .....	24
3.1. Статичне зондування.....	24
3.2. Визначення несучої здатності палі за даними статичного зондування .....	28
4.Випробування паль вдавлюючими статичними завантаженнями .....	30
Список джерел.....	35

## ВСТУП

При проектуванні будівель і споруд житлового, промислового й цивільного призначення і особливо відповідальних об'єктів, крім результатів лабораторних випробувань ґрунтів, застосовують і дані польових досліджень, переваги яких полягають в можливості визначення властивостей ґрунтів в умовах їх природного залягання.

Схема ілюструє описаний процес поведінки ґрунту під поступово зростаючим навантаженням штампа.

При зведенні споруди ґрунтова основа піддається поступово зростаючому навантаженню. Відомо, що при малих навантаженнях, які не перевищують структурної міцності ґрунту, осідання, що утворюються, малі й оборотні, тобто ґрунт працює як пружне тіло. У міру зростання навантаження і подолання структурних зв'язків у ґрунті починаються деформації ущільнення - відбувається перекомпонування твердих частинок за рахунок зменшення об'єму пор. Ґрунт, стискаючись, набуває більш щільнішого складання, збільшуючи при цьому протидію зростаючому навантаженню. При цьому залежність між навантаженнями, що додаються, і відповідними деформаціями, для практичних цілей може бути прийнята лінійною, що дозволяє використовувати для характеристики процесів, що відбуваються в ґрунтах, теорію тіл, що лінійно-деформуються, одним з основних параметрів якої є модуль деформації  $E$ .

Навантаження, яке приблизно відповідає кінцю зони ущільнення, називається початковим критичним навантаженням на ґрунт  $P_{н.к.}$

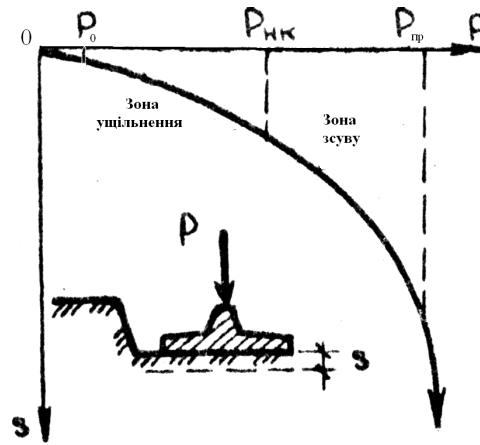


Рис.1 – Залежність осідання  $s$  від навантаження  $P$

Проте вже в кінці фази ущільнення ґрунту спостерігаються прослизання частинок одна одної. До кінця процесу ущільнення ці окремі прослизання охоплюють все більший об'єм ґрунту, починають утворюватися майданчики ковзання. У міру збільшення зовнішнього навантаження формуються поверхні ковзання, по яких відбуваються зсуви одних агрегатів ґрунту по відношенню до інших, при цьому швидкість наростання деформації стає значно більше швидкості зростання навантаження - ґрунт наближається до свого граничного стану.

Міцність ґрунту обумовлена умовою Кулона

$$\tau = p \operatorname{tg} \varphi + c,$$

при перевищенні якої ґрунтова основа втрачає стійкість. Навантаження, при якому ґрунт знаходиться у граничному стані, називається другим критичним або граничним навантаженням  $P_{пр}$ .

Всі наведені нижче методики випробувань ґрунтів, виконуються у лабораторних лотках і є імітацією досліджень, що проводяться на практиці.

# 1. МЕТОДИ ПОЛЬОВОГО ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕФОРМОВАНOSTІ ҐРУНТІВ

## 1.1. Випробування ґрунтів штампами

а) Мета випробувань, суть методу, умови застосування.

Випробування проводять для визначення модуля деформації ґрунтів. Процедура полягає у стисненні ґрунтів металевим штампом, до якого ступінчасто прикладається навантаження, і вимірюванні переміщень штампа, що виникають при цьому. По суті, моделюється робота ґрунтової основи під жорстким фундаментом, що знаходиться під впливом зовнішніх вертикальних сил (вага надземної конструкції та ін.).

Метод застосовують при випробуваннях крупнообломочних, піщаних і пилувато-глинистих ґрунтів.

Принципова схема установки для випробувань показана на рис. 1.1.

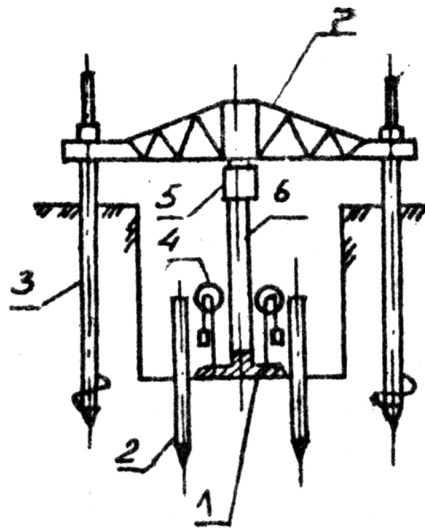


Рис 1.1 – Схема установки для випробувань ґрунтів штампами

Установка має штамп 1, трубчастий стояк 6, гідравлічний домкрат 5, який передає реактивний тиск на упорну систему 7, і анкерні палі 3. Крім того, установка має реперну систему 2, до якої кріпляться прогиноміри 4.

Штампи повинні бути жорсткими, круглої або прямокутної форми таких типів: 1 – з плоскою підшвою площею 2500 або 5000 см<sup>2</sup>; 2 – з плоскою

підшвою площею  $1000 \text{ см}^2$ , з кільцевим привантаженням за площею, доповнюючою площу штампа до  $5000 \text{ см}^2$ ; 3 – з плоскою підшвою площею  $600 \text{ см}^2$ ; 4 – гвинтовий штамп площею  $600 \text{ см}^2$ . Тип і площу штампа призначають залежно від виду випробовуваного ґрунту і умов випробування.

Осідання штампа вимірюють прогиномірами ПМ-3 або 6ПАО-ЛИСИ, ціна поділки циферблату яких рівна відповідно 0,1 і 0,01 мм. Прогиномір, прикріплений до репера, має шків, обвитий сталевим дротом  $\varnothing 0,3 \dots 0,5 \text{ мм}$ , один кінець якого прикріплюють до штампа, а до іншого підвішують вантаж масою 1,5...2,0 г. Останній, натягуючи дріт, створює необхідне тертя між дротом і шківом, що викликає рух стрілки приладу при осіданні штампа. Реперна система складається з чотирьох стояків (труба, кутовий профіль), забитих у ґрунт на глибину, що забезпечує нерухомість системи в процесі випробувань. Зверху стояки попарно з'єднані кутовим профілем (дерев'яним брусом), до якого кріпляться.

#### б) Підготовка до випробувань.

Випробуванням підлягають всі однорідні шари ґрунту, що несуть і мають потужність не менше двох діаметрів штампа; кількість випробувань - не менше трьох, при ідентичності результатів – два (геологічну будову майданчика встановлюють бурінням свердловин на попередніх стадіях інженерних досліджень).

Випробування у котлованах і шурфах виконують круглими штампами 1 і 2 типів на глибині не більше 6 м (як правило, вище за рівень підземних вод); нижче вказаної глибини випробування проводять в свердловинах круглими штампами 3 або 4 типів.

При випробуваннях у котлованах і шурфах майданчик під штампом ретельно планують, готують шар з дрібного або середньої величини піску завтовшки 1...2 см для зв'язкових і не більше 5 см – для великоуламкових ґрунтів. Потім штамп встановлюють на спланований майданчик і для досягнення щільного прилягання до ґрунту (підсипки) повертають його 2-3 рази на  $20 \dots 30^\circ$  навколо вертикальної осі. Після перевірки горизонтальності установки штампа монтують пристрій навантаження і систему репера.

При випробуваннях у свердловині (рис. 1.2 ) штамп з плоскою підшвою (3 тип), прикріплений до колонки труб  $\varnothing 219$  мм, що має направляючі хомути, опускають у свердловину і досягають щільного контакту з ґрунтом не менше ніж двома поворотами колонки труб навколо осі; штамп повинен бути встановлений нижче за обсадну трубу на 2...5 см.

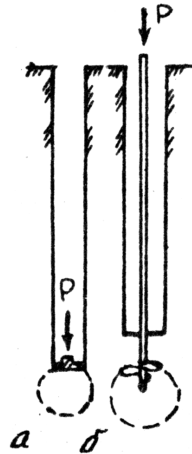


Рис. 1.2 – Випробування штампами в свердловинах  
а) плоский, б) гвинтовий

Гвинтовий штамп (4 тип) занурюють загвинчуванням нижче забою свердловини.

Після монтажу пристрою навантаження і вимірювальної системи стрілки приладів встановлюють на нульові відмітки і записують показання в журналі, форма якого наведена в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Журнал польових випробувань ґрунтів штампами

Дата	Час	Інтервал часу, $t$	Показання манометрів, МПа	Навантаження на штамп (сумарна), кН	Заглиблення штампу, м (привантаження навколо штамп), МПа	Тиск $P$ по підшві штамп, МПа	Показання прогиномірів, мм				Поправка у показаннях прогиномірів, мм	Виправлення показань прогиномірів, мм				Осідання штамп, мм		Час витримки, год.	Примітка
										Контрольний									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20



#### в) Проведення випробувань.

Випробування статичним навантаженням полягає у прикладенні до штампа початкового тиску, відповідного напрузі від власної ваги вище розміщених шарів ґрунту на відмітці випробування (звичайно не менше 0,05 МПа, включаючи вагу штампа та інших деталей), і подальшого навантаження його ступенями тиску, загальне число яких повинне бути не менше чотирьох. Значення ступеня тиску визначають залежно від виду ґрунту, ступеня його вологості, щільності, показника текучості, коефіцієнта пористості, й контролюють показання манометра за допомогою графіків, отриманих при тарируванні системи домкрат - насосна станція.

Кожний ступінь тиску витримують до умовної стабілізації деформацій ґрунту, за критерій якої приймають швидкість осідання штампа, що не перевищує 0,1 мм за 1 годину спостережень для піщаних ґрунтів і за 2 години – для глинистих. Осідання визначають у двох (або більш) діаметрально протилежних точках штампа, причому відлік проводять при випробуванні незв'язних ґрунтів через кожні 10 хв протягом першої півгодини, 15 хв – протягом другої півгодини і далі – через кожні 30 хв до умовної стабілізації; при випробуваннях пилювато-глинистих ґрунтів - відповідно через кожні 15 і 30 хв протягом першої і другої години, і далі – через кожну годину.

У процесі проведення випробування тиск на ґрунт мусить бути постійним на кожному ступені навантаження (відхилення, що допускається, від встановленого значення ступеня – не більше 10%).

Випробування припиняють, якщо спостерігається різке збільшення осідання або тривале (протягом 24 г) протікання її без загасання.

Штамп розвантажують подвоєними щодо первинного завантаження ступенями, кожна з яких витримується 1 г, а остання – в перебіг 3 г; відліки за прогиномірами знімають через кожних 30 хв спостереження.

#### г) Обробка результатів випробувань.

За даними вимірювань осідання штампа на кожному ступені тиску будують графік (рис. 1.3) залежності осідання від тиску  $s = f(p)$ , відкладаючи в масштабі по осі абсцис значення тиску  $p$  (40 мм – 0,1 МПа), а по осі ординат відповідні їм значення осідань  $s$  (1 мм осідання – 10 мм).

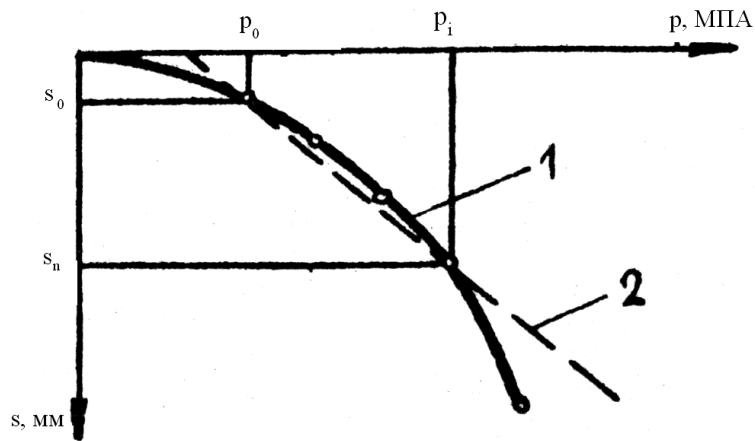


Рис. 1.3 – Графік залежності  $s = f(p)$ :  
1 – крива випробувань; 2 – апроксимуюча пряма

Через нанесені на графіку чотири експериментальні точки проводять апроксимуючу пряму. При цьому за початкові значення  $p_0$  і  $s_0$  приймають тиск, рівний побутовому  $p_0$  і відповідне осідання, а за кінцеві значення – величини  $p_i$  і  $s_n$ , відповідні четвертій точці графіка.

Модуль деформації визначають за формулою:

$$E = (1 - \nu^2) k_p k_1 D \frac{\Delta p}{\Delta s},$$

де  $\nu$  – коефіцієнт Пуассона, що приймається рівним 0,27 для великоуламкових ґрунтів, 0,30 – для пісків і супісків, 0,35 – для суглинків і 0,42 – для глин;

$k_p$  – коефіцієнт, залежний від заглиблення штампа  $d/D$ ;

$d$  – глибина розташування штампа щодо поверхні ґрунту, см;

$D$  – діаметр штампу, см;

коефіцієнт  $k_p = 1$  при випробуваннях ґрунтів штампами в котлованах, шурфах і свердловинах, при випробуваннях гвинтовим штампом  $k_p = 1..0.7$  при  $d/D = 0...5$ ;

$k_1$  – коефіцієнт форми штампа, який приймають за табл. 1.2;

$\Delta p$  – приріст тиску на штамп, рівний  $p_i - p_0$ , МПа;

$\Delta s$  – приріст осідання штампа, відповідний  $\Delta p$  і визначуваний за усереднюючою прямою, см.

Таблиця 1.2 – Значення  $k_1$

Круг	Квадрат	Прямокутник з відношенням сторін					
		1,5	2	3	4	5	10
0,79	0,88	1,08	1,22	1,44	1,61	1,82	2,12

Результати визначення модуля деформації слід виражати з такою точністю:  
1 МПа при  $E \geq 10$  МПа, 0,5 МПа при  $E = 2...10$  МПа і 0,1 МПа при  $E < 2$  МПа.

## 1.2. Випробування ґрунтів пресиометрами

а) Мета випробувань, суть методу і умови застосування.

Випробування проводять для визначення модуля деформації ґрунтів. Метод застосовують при випробуваннях піщаних і пилувато-глинистих ґрунтів у бурових свердловинах (тільки для ґрунтів).

Суть методу полягає в обтисканні стінок бурової свердловини радіальним тиском, що створюється за допомогою еластичного зонда, і у вимірюванні переміщень ґрунту, які утворюються внаслідок цього. Схема радіального пресиометра показана на рис. 1.4.

Конструкції пресиометрів (багато різновидів) включають: 1) еластичну камеру (зонд), яка складається з відділів  $\varnothing 76...127$  мм, завдовжки не менше чотирьох діаметрів; 2) пристрою для створення і вимірювання тиску в камері зонда; 3) пристрою для вимірювання переміщень оболонки зонда.

Зонд складається з труби 1, що знаходиться в еластичній оболонці 2. Радіальні переміщення ґрунту вимірюють дистанційними індукційними датчиками 3 в шести точках, розташованих в отворах труби під кутом  $120^\circ$  один до одного. При створенні в камері зонда тиску і зміні положення оболонки в процесі випробувань плунжери датчиків, переміщуючись разом з оболонкою, викликають зміну сумарного індукційного опору котушок.

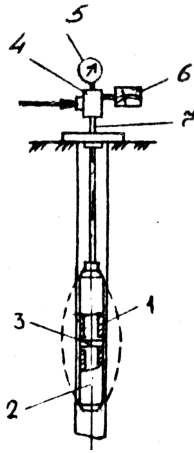


Рис. 1.4 – Схема установки для випробування ґрунтів прессиометром

Електричний сигнал, що утворився при цьому, фіксується за шкалою мікроамперметра 6, з урахуванням даних тарировки вимірювального тракту визначається шукана величина усередненого радіального переміщення ґрунту.

Проводи від електричних датчиків розташовані в гнучкому шлангу високого тиску 7, які призначені для передачі зонду тиску від джерела 4 (балон, насос) з манометром 5.

#### б) Підготовка до випробувань.

Буріння свердловини до відмітки, що перевищує на 1 м відмітку початку експериментальної ділянки, на якій проводитиметься випробування, може бути виконано будь-яким способом. Для проходки експериментальної ділянки повинен застосовуватися переважно обертальний колонковий спосіб буріння. Діаметр експериментальної ділянки не повинен перевищувати діаметр зонда більш ніж на 10 мм (при більшому – свердловину бракують). Зонд встановлюють у свердловину так, щоб середина камери була розташована на відмітці випробування. Перерва в часі між закінченням буріння і початком випробування повинна бути мінімальною: наприклад, у стійких ґрунтах вище УПВ це час – не більше 2 г, при випробуванні нижче УПВ – 15 хв.

#### в) Проведення випробувань.

Перший ступінь тиску в камері прессиометра визначають рівним напруги  $\sigma_{zgo}$ , при цьому враховують жорсткість оболонки і положення рівня підземних

вод (при випробуваннях нижче УПВ). Момент торкання оболонкою стінок свердловини фіксується показаннями вимірювальних приладів, що дозволяє визначити тиск, який витрачається на розтягування оболонки. Подальше підвищення тиску здійснюється ступенями, значення яких такі ж, як і при випробуваннях ґрунтів штампами. Загальна кількість ступенів – не менше п'яти. На кожному ступені, який створюється за 1...2 хв, має бути забезпечений постійний тиск (відхилення не повинне перевищувати 10% заданого значення).

Розрізняють два режими випробувань – повільний і швидкий; звичайно випробування для будівель і споруд I класу проводять в повільному режимі, для будівель і споруд II і III класів – у швидкому.

Кожен ступінь тиску витримують до умовної стабілізації деформації ґрунту. За критерій умовної стабілізації деформації приймають швидкість збільшення радіуса свердловини, що не перевищує 0,1 мм за період (для різних ґрунтів) від 15 хв до 1,5 год. в повільному режимі, і від 10 хв до 3 год. – в швидкому.

Відліки за приладами для вимірювання деформацій на кожному ступені тиску проводять: при повільному режимі – для незв'язних ґрунтів через кожні 5 хв протягом перших 15 хв, а потім через кожні 15 хв, для зв'язних – через кожні 10 хв в перші півгодини і потім через кожні 30 хв; при швидкому режимі – для незв'язних ґрунтів, через кожну хвилину протягом перших 3 хв і далі – через кожні 3 хв, для зв'язних – через кожні 2 хв протягом перших 6 хв і далі через 6 хв; відліки записують в журнал випробувань (табл. 1.3).

Розвантаження проводять ступенями тиску, рівними подвійній величині ступеня навантаження; відліки знімають через 5 хв для піщаних ґрунтів і 10 хв – для глинистих при повільному режимі випробувань і відповідно через 1 і 5 хв – при швидкому.

#### г) Обробка результатів.

Для обчислення модуля деформації  $E$  будують графік залежності переміщення стінки свердловини від тиску  $\Delta r = f(p)$ , відкладаючи по осі абсцис в масштабі 20 мм – 0,1 МПа значення тиску і по осі ординат в масштабі 5 мм –

1 мм відповідні їм переміщення стінки свердловини  $r$  (рис. 1.5). Потім на графіку проводять усереднюючу пряму. При цьому за початкові значення  $p_0$  і  $\Delta r$  (перша точка, що включається в усереднювання) приймають значення тиску і переміщень, відповідні моменту повного обтискання нерівностей стінок свердловини – початку лінійної ділянки графіка. За кінцеві значення  $p_n$  і  $\Delta r_n$  (межа пропорційності) приймають значення тих же параметрів, відповідні точці, що обмежує лінійну ділянку графіка.

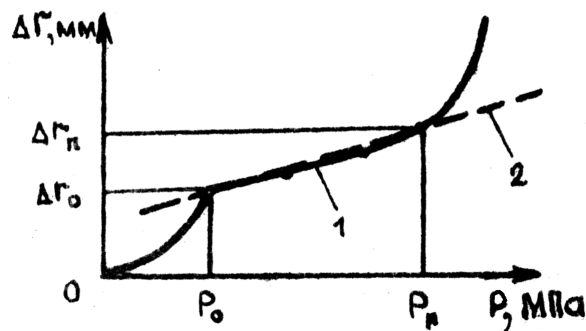


Рис. 1.5 – Графік  $\Delta r = f(p)$  результатів випробувань ґрунту радіальним прессиометром:

1 – робоча частина графіка; 2 – усереднююча пряма

Модуль деформації для лінійної ділянки графіка обчислюють за формулою

$$E = K_r r_0 \frac{\Delta p}{\Delta r},$$

де  $K_r$  – коефіцієнт, що коректує, приймають для споруд II і III класів рівним: при повільному режимі випробувань для пісків і супісків – 1,30, для суглинків – 1,35, для глин – 1,42; при швидкому режимі для різних ґрунтових умов і глибини випробувань значення коефіцієнта змінюються в межах 2...4;

$r_0$  – початковий радіус свердловини, рівний  $r_{np} + r_0$ ;

$r_{np}$  – радіус прессиометра, см;

$\Delta r_0$  – приріст радіуса прессиометра, відповідний  $p_0$ , см;

$\Delta p$  – приріст тиску на стінку свердловини між двома крапками, взятими на усереднюючій прямій, МПа;

$\Delta r$  – приріст переміщення стінки свердловини (за радіусом), відповідний  $\Delta p$ , см.

Таблиця 1.3 – Журнал польових випробувань ґрунтів радіальними пресио-метрами

1	2	3	4	5	6	7	Показання приладів для вимірювання радіального переміщення, мм							15	Приріст радіусу свердловин, мм		18	19
							8	9	10	11	12	13	14		16	17		
	Дата	Час	Інтервал часу, мін	Стовп води в магістралі пресиометра, м	Показання манометрів, МПа	Поправка на розтягування оболонки, МПа	Тиск на ґрунт, МПа						Середнє переміщення, мм	Поправка на деформацію оболонки, мм			Час витримки, мін	Примітка

## 2. МЕТОДИ ПОЛЬОВОГО ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК МІЦНОСТІ ҐРУНТІВ

### 2.1. Випробування ціліків ґрунту на зрушення

а) Мета випробувань, суть методу, умови застосування.

Цілики ґрунту випробують на зрушення (зріз) для визначення кута внутрішнього тертя  $\varphi$  і питомого зчеплення  $c$  ґрунту.

Метод полягає в обтисканні ціліку ґрунту вертикальним тиском і подальшому його зрізі по фіксованій площині під впливом горизонтального навантаження.

Метод застосовують для випробувань великоуламкових, піщаних і глинистих ґрунтів (аж до м'яко пластичної консистенції).

б) Установка для випробувань.

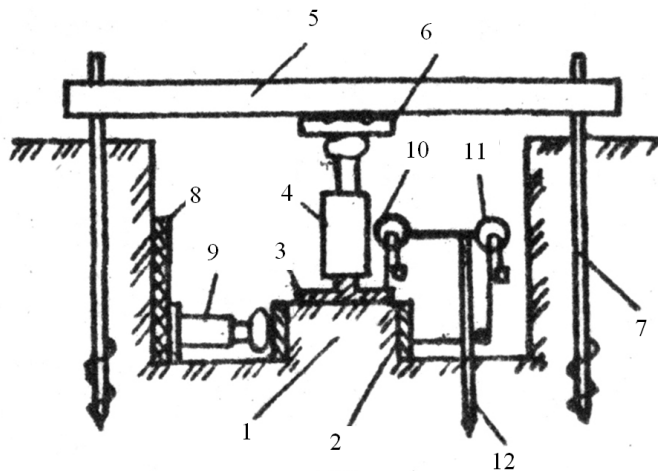


Рис. 2.1 – Схема установки для випробувань на зріз ціліку ґрунту

Установка (рис.2.1) включає укладений в металеву обойму 2 цілік ґрунту 1. Ціліком ґрунту є моноліт стовпчастого типу, вирізаний у ґрунтовому масиві із збереженням природного стану. Його розміри визначаються розмірами кільцевої обойми: звичайно застосовують обойми з внутрішнім діаметром 400...600...1200 см<sup>2</sup> і висотою 150...220 см. Вертикальний тиск створюється за допомогою системи, що складається з штампа 3, гідравлічного домкрата 4, балки 5 з кареткою 6 і анкерних паль 7. Окрім ущільнюючого тиску до ціліку ґрунту прикладається і



горизонтальне зусилля, що формується тисковою плитою 8 і домкратом 9. Переміщення ґрунту фіксуються прогиномірами 10 (вертикальні) і 11 (горизонтальні), закріпленими на реперній системі 12.

Пристрій для передачі вертикального тиску практично аналогічний описаному в п. 1.1.

Горизонтальне навантаження на цілік ґрунту прикладають у площині зрізу (або вище за неї не більше ніж на 30 мм) за допомогою домкрата, розташованого між упорною плитою і обоймою. Для збереження постійного значення вертикального тиску при горизонтальному переміщенні ціліку застосована каретка у вигляді короба з роликами.

Тиск у домкратах вимірюють манометрами і встановлюють за результатами попередньої тарировки систем навантажень. Вертикальні й горизонтальні переміщення зразка ґрунту вимірюють такими ж прогиномірами, як і при випробуваннях ґрунтів штампами.

в) Підготовка до випробувань.

Залежно від умов, в яких опиняться ґрунти при дії зовнішніх навантажень, розрізняють два види випробувань:

1) консолідоване зрушення (повільне зрушення за відкритою схемою), при якому кожен ступінь зрушуючого навантаження прикладають до ціліку ґрунту тільки після повної стабілізації його деформацій від ущільнюючого навантаження;

2) неконсолідоване зрушення (швидке зрушення за закритою схемою), при якому за час дії ущільнюючого і зрушуючого навантажень щільність і вологість ґрунту практично не змінюються, тобто консолідація, обумовлена витісненням вільної води з-під ґрунту, не виявляється.

З досвіду відомо, що характеристики міцності ґрунтів, що отримуються при другому виді випробувань, завжди нижче, ніж при першому.

Підготовку починають із загвинчування анкерних паль і кріплення до них упорної балки. Потім готують цілік ґрунту, при цьому діаметр підлягаючого випробуванню масиву ґрунту повинен бути на 5... ..10 см більше внутрішнього

діаметра обойми. За допомогою домкрата, що упирається в упорну балку, кільце-обойму вдавлюють в ґрунт в два-три прийоми. Після закінчення цієї операції на ретельно вирівняну горизонтальну поверхню ціліку насипають шар піску завтовшки 1,5...2 см і послідовно встановлюють штамп і вертикальний домкрат, після чого збирають систему для передачі горизонтального навантаження.

Кількість випробувань і значення вертикальних навантажень встановлюють залежно від типу проектованої споруди, умов залягання ґрунтів і ступеня їх неоднорідності.

В однорідних ґрунтах звичайно проводять три випробування (при ідентичності результатів – два), в неоднорідних – чотири, при цьому повторюваність випробувань при одних і тих же вертикальних навантаженнях, як правило, приймають триразовою.

#### г) Проведення випробувань.

Випробування ціліків ґрунту дозволяють визначити кут внутрішнього тертя  $\varphi$  і питоме зчеплення  $c$  ґрунту. Для цього необхідно випробувати не менше трьох ціліків, що знаходяться в однакових умовах, прикладаючи до них різне ущільнююче навантаження, що діє нормально до площини зрушення. При випробуваннях на глибинах до 5 м значення ущільнюючого тиску  $p_i$ , що рекомендуються, в кожному досліді наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Значення ущільнюючого тиску, що рекомендуються

№ п/п	Вигляд і стан ґрунтів	Значення Р в кожному досліді, МПа		
		Р1	Р2	Р3
1	Великоуламкові	1	3	5
2	Піски крупні й середньої крупності, пілуватоглинисті при $I_L < 0,25$	1	2,5	4
3	Піски дрібні й пілуваті, пілуватоглинисті при $0,25 < I_L < 0,75$	1	1,75	2,5
4	Пілуватоглинисті при $I_L > 0,75$	1	1,5	2

Горизонтальне зусилля, що передається на випробовуваний цілік ґрунту до заданого значення  $p$ , підвищують ступенями, рівними 0,025...0,05 МПа, з витримкою, час якої залежить від виду ґрунтів і прийнятого виду випробувань. При випробуванні за методикою швидкого зрушення час витримки практично відповідає часу зняття відліків з приладів; при випробуваннях за методикою

повільного зрушення час витримки ступеня приймають: 5 хв для ґрунтів, вказаних в першому і другому рядках таблиці, 10 хв – в третій і 20 хв – в четвертій. Кінцевий ступінь витримують до умовної стабілізації – приросту осідання ціліку ґрунту, що не перевищує 0,1 мм за 0,5...2 год., залежно від виду ґрунту.

Цілік ґрунту зрушують ступінчастим (значення ступеня не більше 10% тиску  $p$ ) збільшенням зрушуючого навантаження з тривалістю витримки кожного ступеня 0,5...1 хв при швидкому зрушенні і 2...5 хв – при повільному. Випробування закінчують при миттєвому зрушенні (зриві) або при загальній деформації зрушення, що перевищує 50 мм.

Показання манометрів (динамометрів) і прогиномірів заносять в журнал випробувань (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

ЖУРНАЛ № \_\_\_\_\_  
польових випробувань ґрунту на зріз  
а) Результати попереднього ущільнення ґрунту

Номер випробування	Дата	Час	Інтервал часу, мін	Показання манометрів МПа	Навантаження /сумарне/ на штамп, h	Тиск на цілік ґрунту, МПа	Показання приладів, мм			Осідання штампу, мм		Час витримки $t$ , ч	Примітка
							$S1$	$S2$	$(S1+S2)/2$	$\Delta S$	$\Sigma \Delta S$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

б) Результати зрізу ґрунту

Номер випробування	Дата	Час	Інтервал часу, мін	Нормальний тиск $P$ при зрізі, МПа	Показання манометрів, МПа	Зрізаючий тиск, МПа	Показання приладів, мм			Деформація зрізу, $L$ , мм	Опір ґрунту зрізу, МПа	Примітка
							$N1$	$N2$	$(N1+N2)/2$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Після закінчення випробування ціліки ґрунту розвантажують і відбирають із зони зрізу дві проби ґрунту для визначення вологості.

д) Обробка результатів.

За наслідками випробувань у масштабі 0,1 МПа – 20 мм і по граничних значеннях ущільнюючого  $p$  і що зрушує по заданій площині  $\tau$  напруги, встановленої в кожному з трьох дослідів, будують графік (рис. 2.2) залежності  $\tau = f(\sigma)$ , для визначення параметрів  $\varphi$  і  $c$ . Значення дотичних і нормальних напруг  $\tau$  і  $\sigma$  обчислюють так:

$$\tau = Q/A;$$

$$\sigma = \frac{P}{A},$$

де  $Q$  – максимальне горизонтальне зусилля у момент зрушення;

$A$  – площа кільцевої обойми (ціліку ґрунту).

Кут внутрішнього тертя  $\varphi$  і питоме зчеплення  $c$  визначають за графіком  $\tau = f(\sigma)$ . Значення  $c$  визначають як відрізок, що відсікається усередненою прямою графіка, проведеною методом найменших квадратів або графічним методом, на осі ординат, а  $tg \varphi$  – як кут нахилу цієї прямої до осі абсцис.

За графіком  $\tau = f(\sigma)$  проводять контроль випробувань. При розкиді дослідних даних відносно усередненої прямої більше ніж на 30% середнього значення  $\tau$  результати випробувань визнають незадовільними і випробування повторюють.

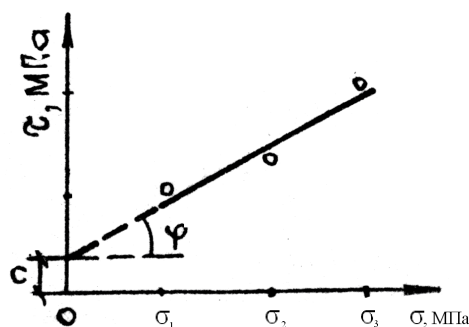


Рис. 2.2 – Графік  $\tau = f(p)$  результат випробувань ґрунту на зріз

## 2.2. Випробування у свердловинах методом обертального зрізу

а) Мета випробувань, суть методу і умови застосування.

Випробування проводять для визначення граничного опору ґрунтів зрізу (зрушенню).

Суть методу полягає у зрушенні по циліндровій поверхні деякого об'єму ґрунту за рахунок обертання хрестоподібного елемента – крильчатки і вимірюванні при цьому граничного опору ґрунту.

Метод застосовують переважно при випробуваннях пілувато-глинистих ґрунтів, від м'яко пластичної до текучої консистенції, мулів та інших слабких ґрунтів.

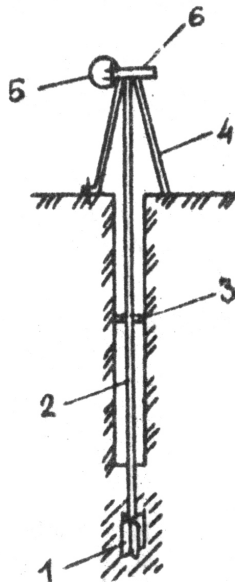


Рис. 2.3 – Схема установки для випробувань

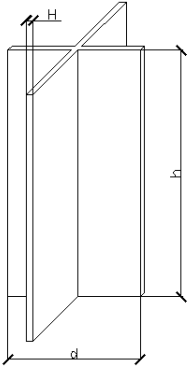
Установка (рис. 2.3) складається з крильчатки 1, штанги 2, зібраною з окремих ланок за допомогою з'єднувальних муфт, а також з центруючих шайб 3, станини 4, силового пристрою 5 для створення крутних моментів і пристрою 6 для їх вимірювання.

У табл. 2.3 наведені основні параметри установок обертального зрізу, що рекомендуються для практичного застосування.

Діаметр дослідної свердловини для випробувань методом обертального зрізу – не менше 76 мм, глибина випробувань – до 10...25 м.

Кількість точок випробувань – дві-три, при цьому число випробувань для кожного шару ґрунту або характерної інженерно-геологічної ділянки повинне бути не менше шести.

Таблиця 2.3 – Основні параметри установки обертального зрізу

Параметр	Величина
Крильчатка (мала, середня, велика) 	
Висота $h$ , мм	120; 150; 200
Ширина (діаметр) $d$ , мм	60; 75; 100
Товщина лопасті $H$ , мм	2; 2,5; 3
Постійна крильчатки $B$ , см <sup>3</sup> $B = \frac{\pi d^2}{2} \left( h + \frac{d}{3} \right)$	790; 1545; 3660
Максимальний крутний момент, Н·см (не менше)	$1,8 \cdot 10^4$
Точність вимірювання крутного моменту, Н·см (не менше)	0,2; 0,1; 0,1
Точність вимірювання опору ґрунту зрізу, Н	0,1

б) Підготовка і проведення випробувань.

Підготовку починають з тарировки установки обертального зрізу, за наслідками якої будують графік (складають таблицю) залежності крутного моменту від показань вимірювального пристрою.

Випробування ґрунтів крильчаткою чергують з бурінням свердловини, глибина якої закінчується вищою за відмітку чергового випробування.

Випробування починають втискуванням (або забиванням) крильчатки з відмітки дна забою свердловини (в деяких випадках – з поверхні ґрунтів) на глибину не менше 0,1...0,5 м. Потім крильчатку обертають із швидкістю

0,1...0,2° у секунду за допомогою спеціального пристрою – головки, встановленої над гирлом свердловини. Таким чином зрізають ґрунт непорушеної структури по циліндровій поверхні і фіксують максимальний момент, що витрачається на подолання опору ґрунту. Після отримання даних для встановлення величини  $M_{max}$  крильчатку продовжують повільно обертати (3-5 оборотів) і визначають сталий момент  $M_{уст}$ , відповідний міцності ґрунту порушеної структури. Закінчують випробування демонтажем установки, а свердловину заглиблюють для подальшого випробування.

в) Обробка результатів.

Випробування ґрунтів методом обертального зрізу дозволяють визначити дві характеристики:

1) для глинистих, органо-мінеральних і органічних ґрунтів з  $I_L > 1$  в не стабілізованому стані визначають кут внутрішнього тертя і питоме зчеплення  $c$ , приймаючи умовно  $\varphi = 0$  і  $c = \tau_{max}$ .

Для ґрунту непорушеної структури:

$$\tau_{max} = M_{max}/B;$$

Для ґрунту порушеної структури:

$$\tau_{уст} = M_{уст}/B;$$

2) чутливість ґрунту (показник структурної міцності ґрунту)

$$n_c = \tau_{max} / \tau_{уст}$$

або

$$n_c = M_{max} / M_{уст}.$$

По чутливості пилувато-глинисті ґрунти підрозділяють на малочутливі:  $n_c = 1...4$ ; чутливі:  $n_c = 4...8$ ; надчутливі:  $n_c > 8$ .

### 3. ВИПРОБУВАННЯ ҐРУНТІВ ЗОНДУВАННЯМ

Достовірні дані про несучу здатність ґрунтів отримують при їх випробуваннях безпосередньо в масиві, тобто у природних умовах. Найбільш поширені й екологічні методи оцінки властивостей ґрунтів – статичне і динамічне зондування, засновані на заглибленні в ґрунт спеціальних конічних зондів, що забезпечують у процесі впровадження отримання інформації про властивості ґрунтів, необхідної при проектуванні й будівництві.

Статичне і динамічне зондування виконують у процесі інженерно-геологічних досліджень ґрунтів для виділення товщини й межі простягання однорідного шару ґрунту, визначення глибини залягання щільних шарів (скельних і напівскельних), наближеного визначення характеристик ґрунтів – щільність складання, кута внутрішнього тертя, нормативного тиску на ґрунт, модуля деформації, визначення опору ґрунту під нижнім кінцем і на бічній поверхні палі.

На підставі отриманих фізичних і механічних характеристик можна визначити глибину закладання і попередні розміри фундаментів, їх тип, вибрати несучий шар ґрунтів під свайні фундаменти, несучу здатність і розміри паль, якості ущільнення ґрунтів при виконанні земляних робіт.

#### 3.1. Статичне зондування

Зонд у вигляді конуса діаметром і довжиною утворюючої, рівними 36 мм, має муфту тертя і штанги (див. рис. 3.1). Площа основи конуса  $F_a$  складає  $10 \text{ см}^2$ , кут при вершині –  $60^\circ$ . Зонд вдавлюється у ґрунт із швидкістю 1 м/хв. Результати зондування представляють у вигляді графіків (рис. 3.2) зміни за глибиною питомого опору ґрунту  $q_s$  під наконечником зонда, а також загального опору ґрунту по бічній поверхні  $Q_s$ .



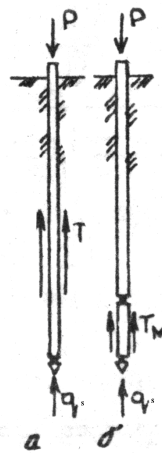


Рис. 3.1 – Схема випробувань ґрунтів статичним зондуванням

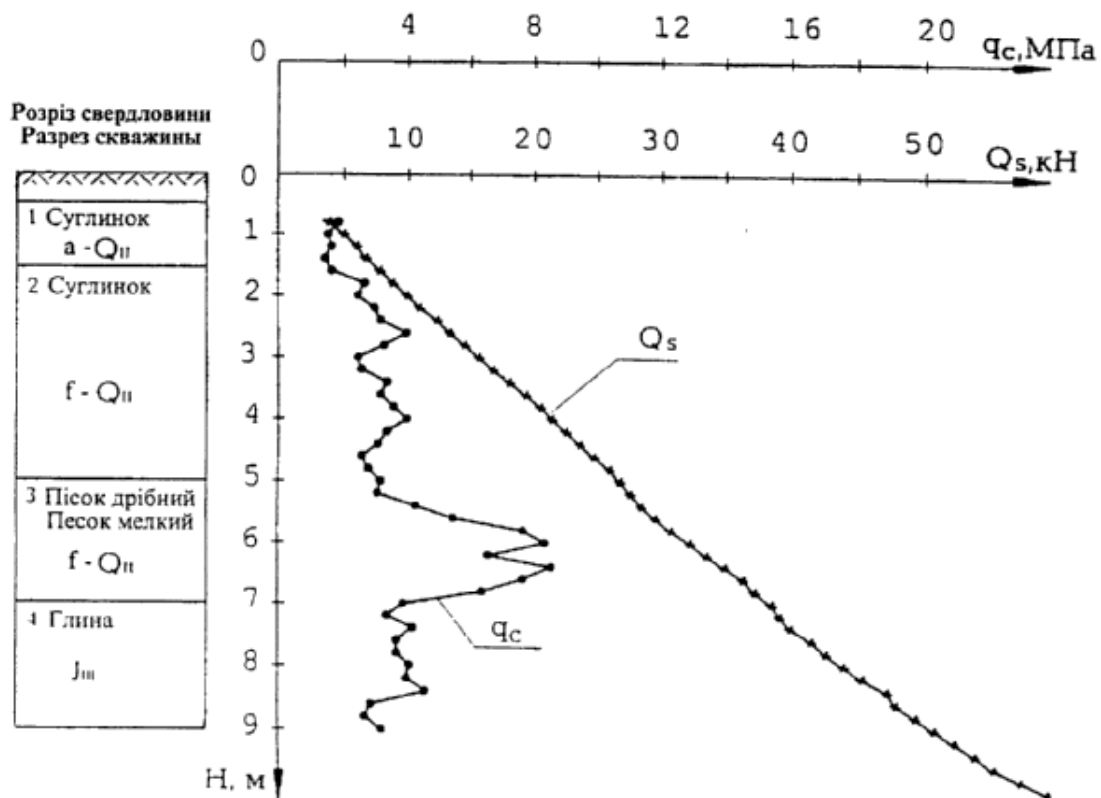


Рис. 3.2 – Графік випробувань ґрунтів статичним зондуванням

У навчальних цілях статичне зондування проводять в лабораторних умовах в лотку (рис. 3.3). При цьому використовують наступне обладнання: привантажний пристрій, упорна балка, домкрат, конус 36 мм, штанги, насосна станція (залежно від типу домкрата), динамометр і штангенциркуль.

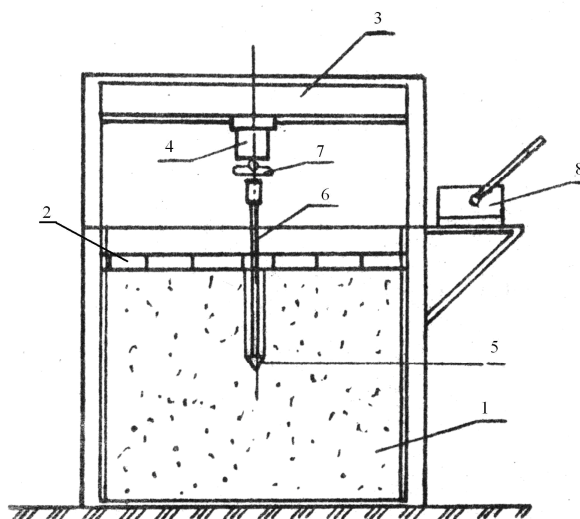


Рис. 3.3 – Схема лабораторної установки для зондування

Роботу виконують в наступному порядку. Ґрунт завантажують в лоток 1, з пошаровим ущільненням для створення побутового тиску на ґрунт  $P_6$  і додатково обтискують по поверхні вантажами 2. Потім збирають установку (упорна балка 3, гідравлічний або гвинтовий домкрат 4, конус 5 зі штангами 6, динамометр 7, насосна станція 8 (у випадку з гвинтовим домкратом – відсутня). Заздалегідь вимірюють діаметри штанг, конуса і кут при вершині, штангу розмічають діленнями по 10 см по всій довжині. Спочатку конус з штангою занурюють у ґрунт на 10...15 см, на перехідник штанги встановлюють динамометр, підтискають домкрат, стрілку індикатора динамометра виставляють в нульове положення і ручкою насосної станції підвищують тиск у системі, занурюють штангу з конусом на 10 см, при цьому фіксують зусилля занурення  $N$ . За тарировочною таблицею встановлюють значення  $q_s$ . Умовний питомий опір ґрунту під конусом визначають таким чином:

$$q_s = N/F_a.$$

Паралельно будують графік зміни умовного питомого опору ґрунту за глибиною. Результати випробувань заносять в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Визначення характеристик міцності ґрунту статичним зондуванням

Вертикальне зусилля на ґрунт $p$ , МПа	Зусилля задавлювання конуса $N$ , Н	Площа підстави конуса $F_a$ , см <sup>2</sup>	Умовний опір ґрунту $q_s$ , МПа	Модуль деформації ґрунту $E$ , МПа	Кут внутрішнього тертя $\phi$ , град	Щільність $\rho$ , т/м <sup>3</sup>
--	-------------------------------------	---	---------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------------

За таблицями 3.2-3.5 визначають щільність і кут внутрішнього тертя  $\varphi$ , модуль деформації  $E$  і умовний розрахунковий опір ґрунту  $R_o$ .

Нормативний модуль деформації  $E_o$ , МПа для піщаних ґрунтів рівний  $30q_s$ , для глин і суглинків –  $70q_s$ .

Таблиця 3.2 – Щільність складання пісків у природних умовах за наслідками статичного зондування

Піски	$q_s$ , МПа	Щільність складання
Крупні і середньої крупності (незалежно від вологості)	$> 15$	Щільні
	15,5	Середній щільності
	$< 15$	Пухкі
Дрібні (незалежно від вологості)	$> 12$	Щільні
	12,4	Середній щільності
	$< 12$	Рихлі
Пилуваті маловологі й вологі	$> 10$	Щільні
	10,3	Середній щільності
	$< 3$	Рихлі
Пилуваті водонасичені	$> 7$	Щільні
	7,2	Середній щільності
	$< 2$	Рихлі

Таблиця 3.3 – Консистенція (показник текучості) глинистих ґрунтів за наслідками статичного зондування

Консистенція ґрунту	Питомий опір ґрунту під наконечником зонду $q_s$ , МПа	Показник текучості $I_L$
1	3	2
Текуча	0,2	1
Текучопластична	0,2...0,5	0,75...1
М'якопластична	1...1,4	0,6...0,75
	1...1,4	0,5...0,6
Тугопластична	1,4...2	0,4...0,5
	2...2,3	0,3...0,4
	2,5...3	0,25...0,3
Напівтверда	3...4	0,2...0,25
	4...6	0,1...0,2
	6...8	0...0,1
Тверда	8	0

Таблиця 3.4 – Нормативні значення характеристик міцності глинистих ґрунтів за наслідками статичного зондування

$q_s$ , МПа	$\varphi_{\text{н}}$ , град	$c_{\text{н}}$ , кПа	$q_s$ , МПа	$\varphi_{\text{н}}$ , град	$c_{\text{н}}$ , кПа
0,5	16	180	3,5	23	530
1,0	17	240	4,0	24	580
1,5	18	300	4,5	25	640
2,0	19	360	5,0	26	700
2,5	20	410	5,5	27	760
3,0	22	470	6,0	28	820

Таблиця 3.5 – Нормативні значення  $R_H$  суглинків і глин за наслідками статичного зондування

$q_s$ , МПа	$R_H$ , кПа
1	120
2	220
3	300
4	400
5	500
6	600

### 3.2. Визначення несучої здатності палі за даними статичного зондування

Окреме значення граничного опору забивної палі в точці зондування  $F_u$ , кН (тс), слід визначати за формулою

$$F_u = R_s A + f h u,$$

де  $R_s$  – граничний опір ґрунту під нижнім кінцем палі за даними зондування в даній точці, кПа (тс/м<sup>2</sup>);

$f$  – середнє значення граничного опору ґрунту на бічній поверхні палі за даними зондування в даній точці, кПа (тс/м<sup>2</sup>);

$h$  – глибина занурення палі від поверхні ґрунту біля палі, м;

$u$  – периметр поперечного перетину стовбура палі, м.

Граничний опір ґрунту під нижнім кінцем забивної палі  $R_s$  кПа (тс/м<sup>2</sup>) за даними зондування в даній точці слід визначати за формулою

$$R_s = \beta_l q_s,$$

де  $\beta_l$  – коефіцієнт переходу від  $q_s$  до  $R_s$  які приймають за табл. 3.6 незалежно від типу зонду;

$q_s$  – середнє значення опору ґрунту, кПа (тс/м<sup>2</sup>) під наконечником зонду, отримане з досліду, на ділянці, розташованій в межах одного діаметра  $d$  вище і чотирьох діаметрів нижче за відмітку вістря проекрованої палі (де  $d$  – діаметр круглого або сторона квадратного, або велика сторона прямокутного перетину палі, м).

Середнє значення граничного опору ґрунту на бічній поверхні забивної палі  $f$ , кПа (тс/м<sup>2</sup>), за даними зондування ґрунту в даній точці слід визначати:

а) при застосуванні зондів типу І (зонд з наконечником з конуса і кожуха) – за формулою

$$f = \beta_2 f_s;$$

б) при застосуванні зондів типу ІІ (зонд з наконечником з конуса і муфти тертя) – за формулою

$$f = \frac{\sum \beta_i f_{si} h_i}{h},$$

де  $\beta_2, \beta_i$  – коефіцієнти, які приймають за табл. 3.6;

$f_s$  – середнє значення опору ґрунту на бічній поверхні зонду, кПа (тс/м<sup>2</sup>), визначуване як часткове від ділення виміряного загального опору ґрунту на бічній поверхні зонду на площу його бічної поверхні в межах від поверхні ґрунту в точці зондування до рівня розташування нижнього кінця палі у вибраному несучому шарі;

$f_{si}$  – середній опір  $i$ -го шару ґрунту на бічній поверхні зонда, кПа (тс/м<sup>2</sup>);

$h_i$  – товщина  $i$ -го шару ґрунту, м.

Таблиця 3.6 – Коефіцієнт переходу від  $q_s$  до  $R_s$

$q_s$ кПа (тс/м <sup>2</sup> )	$\beta_I$ – коефіцієнт переходу від $q_s$ до $R_s$			$f_s, f_{si}$ кПа (тс/м <sup>2</sup> )	$\beta_2$ – коефіцієнт переходу від $f_s$ , до $f$ для зонда типу I		$\beta_i$ – коефіцієнт переходу від $f_{si}$ до $f$ для зонда типу II або III	
	для забивних паль	для гвинтових паль при навантаженні			при піщаних ґрунтах	при пілуватоглинистих ґрунтах	при піщаних ґрунтах	при пілуватоглинистих ґрунтах
		що стискає	що висмикує					
≤ 1000 (100)	0,90	0,50	0,40	≤ 20(2)	2,40	1,50	0,75	1,00
2 500 (250)	0,80	0,45	0,38	40 (4)	1,65	1,00	0,60	0,75
5 000 (500)	0,65	0,32	0,27	60 (6)	1,20	0,75	0,55	0,60
7 500 (750)	0,55	0,26	0,22	80 (8)	1,00	0,60	0,50	0,45
10000 (1000)	0,45	0,23	0,19	100 (10)	0,85	0,50	0,45	0,40
15000 (1500)	0,35	-	-	≥ 120 (12)	0,75	0,40	0,40	0,30
20000 (2000)	0,30	-	-	-	-	-	-	-
≥ 30 000 (3000)	0,20	-	-	-	-	-	-	-

Примітка. Для гвинтових паль в піщаних ґрунтах, насичених водою, значення коефіцієнта  $\beta_I$  повинні бути зменшені в два рази.

## 4.ВИПРОБУВАННЯ ПАЛЬ ВДАВЛЮЮЧИМИ СТАТИЧНИМИ НАВАНТАЖЕННЯМИ

а) Мета випробувань, суть методу і умови застосування.

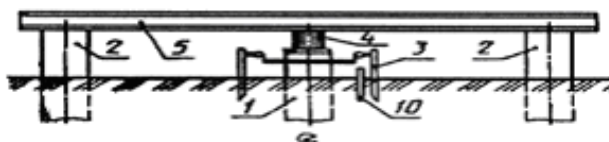
Випробування проводять для визначення реальної несучої здатності палі на вертикальне статичне навантаження.

Суть методу полягає у прикладуванні тарированого ступінчастого навантаження до оголовку палі й виміру осідання палі при дії цього навантаження

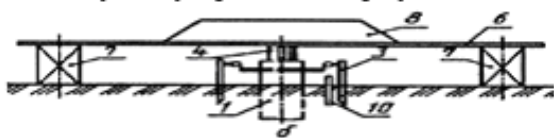
Метод застосовують для всіх видів палей.

б) Установка для випробувань

а) Установка з гідравлічним домкратом, системою балок та анкерними паллями



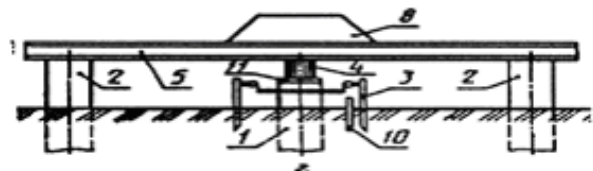
б) Установка з вантажною платформою, яка служить упором для домкрату



в) Установка з тарированим вантажем



г) Установка комбінована



1 - палея, що випробується; 2 - анкерна палея; 3 - реперна система з прогиномірами; 4 - домкрат з манометром; 5 - система упорів; 6 - грузова платформа; 7 - опора; 8 - вантаж (упор для домкратів); 9 - тарирований вантаж; 10 - термометричний пристрій; 11 опорна плита - оголовок.

Рис 4.1 – Принципові схеми установок для випробування палей

в) Підготовка і проведення випробувань.

Підготовку починають з тарирування домкрата, за наслідками якої будують графік (складають таблицю) залежності навантаження  $N$  передаваною домкратом, від показань манометра. Домкрат встановлюють між упорною системою і палею.

Репер, що є, як правило, П-подібною жорсткою рамою, встановлюють так, щоб він не міняв свого геометричного положення під час роботи. До репера

кріплять прогиноміри. На голову палі встановлюють сталевий кожух, з привареними кріпленнями для дроту прогиномірів.

Завантаження випробовуваної палі проводять рівномірно, без ударів, ступенями навантаження, значення яких визначається програмою випробувань, але приймається не більше  $1/5$  заданого в програмі найбільшого навантаження на палю для перших трьох ступенів і  $1/10$  – для подальших ступенів вантаження.

На кожному ступені вантаження знімають відрахунки по всіх приладах для вимірювання деформацій в наступній послідовності: нульовий відлік – перед вантаженням палі, перший відлік – відразу після прикладання навантаження, потім послідовно через 30 хв, 1, 2, 4, 8, 16 і 24 г. і далі з інтервалами 24 г.

Розбіжності у свідченнях приладів не повинні перевищувати таких значень:

- 50% – при осіданнях менше 1 мм;
- 30% – при осіданнях від 1 до 5 мм;
- 20% – при осіданнях більше 5 мм.

Кожен ступінь навантаження витримують до умовної стабілізації деформації палі, але не менше 24 г.

За критерій умовної стабілізації деформації приймають швидкість осідання палі на даному ступені вантаження, що не перевищує 0,2 мм за останні 24 год. спостережень.

Навантаження повинне бути доведена до значення, при якому не відбувається умовна стабілізація деформації. Випробування на цьому ступені вантаження закінчують досягши осідання, не менше ніж в три рази перевищуюче значення, на попередньому ступені при загальному осіданні не менше 25 мм.

Якщо навантаження доведене до найбільшого значення, заданого програмою випробувань, і при цьому осідання більше 0,2 мм/доб, то випробування можна закінчувати.

Розвантаження палі після закінчення випробування проводять ступенями, рівними подвоєним значенням ступенів навантаження. Тривалість ступеня розвантаження приймають не менше 15 хв.

У процесі випробування ведуть журнал, форма якого наведена нижче.

## Журнал польового випробування палі статичним вдавлюючим навантаженням

Дата випробування: початок "\_\_\_\_\_" "\_\_\_\_\_" 200 \_\_\_\_ р.

закінчення: "\_\_\_\_\_" "\_\_\_\_\_" 200 \_\_\_\_ р.

Палі № _____ Вид палі _____ Матеріал палі _____ Дата виготовлення палі _____ Переріз (діаметр) палі на верхньому і нижньому кінцях _____ см Довжина палі (без вістря) _____ м Довжина вістря _____ м Маса палі _____ т  Найближче геологічне вироблення _____ № пройдено "_____" "_____" 20 ____ р. Відстань вироблення від палі _____ м Коротка характеристика інженерно- геокриологічного розрізу в місці розташування палі _____ _____ _____ Час занурення палі _____ мін Тривалість витримування палі _____ _____ сут Тип приладів для вимірювання: переміщення палі _____	Дата занурення палі "_____" "_____" 200 ____ р. Спосіб занурення або пристрою _____ Устаткування, що застосовувалося для буріння свердловин і занурення пристрої) палі _____ _____ Лідерна свердловина: діаметр _____ см глибина _____ м спосіб проходки _____ Абсолютні відмітки: голови палі після занурення _____ м голови палі перед випробуванням _____ м нижнього кінця палі _____ м забою лідерної свердловини _____ м поверхні ґрунту у палі _____ м  Стан голови палі після занурення (забивання) _____ Глибина занурення палі загальна _____
---	---



(наступна сторінка журналу)

Домкрат N \_\_\_\_\_ на \_\_\_\_ кН (тс) Манометр N \_\_\_\_\_ на \_\_\_\_\_ МПа (атм)

Площа плунжера \_\_\_\_\_ см<sup>2</sup>

Ціна поділки манометра \_\_\_\_\_ Мпа (атм)

Номер ступеня навантаження	Ступінь навантаження, кН (тс)	Загальне навантаження, кН (тс)	Час	Показання прогиноміра 1	Показання прогиноміра ...	Показання прогиноміра n
1						
2						
3						
m						

m - число ступенів навантаження

n – число прогиномірів

У журналі пронумеровано \_\_\_\_\_ стор.; заповнено \_\_\_\_\_ стор.

Начальник польового підрозділу \_\_\_\_\_

(підпис)

(П.І.Б.)

Спостерігачі \_\_\_\_\_

(підпис)

(П.І.Б.)

\_\_\_\_\_  
(підпис) (Ф.І.О.)

Результати випробування ґрунтів оформляють у вигляді:

- інженерно-геологічного розрізу;
- графіків залежності деформації палі від навантаження (рис. 4.2);
- графіків зміни деформації в часі за ступенями навантаження (рис. 4.2).

Масштаб графіків приймають:

- по вертикалі – 1 см, рівний 1 м глибини інженерно-геологічного розрізу, 1 м глибини занурення палі або 1 мм переміщення палі;
- по горизонталі – 1 см, рівний 0,2 часток одиниці вологості і 1 °С температури ґрунту, – для інженерно-геокриологічного розрізу; 100 кН (10 тс) навантаження або 5 год. витримки навантаження.

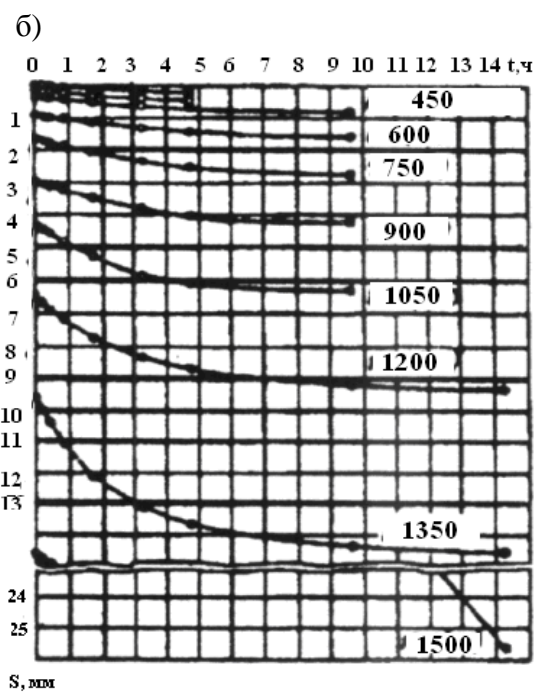
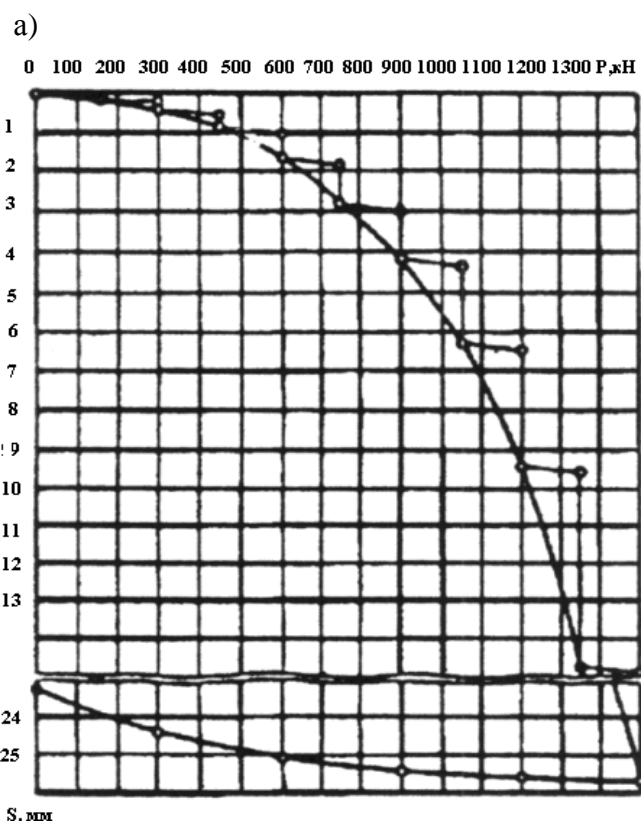


Рис 4.2 – а) графік залежності осадки палі  $S$  від навантаження  $P$   
 б) графік зміни осадки палі  $S$  протягом часу  $t$  (за ступіннями навантаження)

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ В.2.1-6-2000 Ґрунти. Польові випробування. Загальні положення.
2. ДСТУ В.2.1-7-2000 Ґрунти. Методи польового визначення характеристик міцності і деформативності.
3. ДСТУ В.2.1-9-2002 Ґрунти. Методи польових випробувань статичним і динамічним зондуванням
4. ДСТУ В.2.1-1-95 Ґрунти. Методи польових іспитів палями.
5. М.Л. Зоценко, В.І. Коваленко, А.В. Яковлєв та ін. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти. – Полтава: ПНТУ, 2004. – 568 с.
6. С. Б. Ухов, В. В. Семенов, В. В. Знаменский и др. Механика грунтов, основания и фундаменты: Уч. пособие, 3-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2004. – 566 с.

## Навчальне видання

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт «Полюві випробування ґрунтів з дисципліни **«Наукові дослідження»** (для студентів денної форми навчання спеціальності 7.092101 (7.06010101) «Промислове і цивільне будівництво»).

Укладачі: **Таранов** Валентин Георгійович,  
**Набока** Олексій Олександрович

В авторській редакції

Комп'ютерне верстання *Ю. П. Степась*

План 2010, поз. 10 М

---

Підп. до друку 17.12.2010 р.	Формат 60×84/16
Друк на ризографі.	Ум.-друк. арк. 1,5
Зам. №.	Тираж 50 пр.

---

Видавець і виготовлювач:  
Харківська національна академія міського господарства,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002  
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 4064 від 12.05.2011 р.